



PROCESSO DE AUTOMAÇÃO DE PLANILHAS PARA CÁLCULO DE BALANÇO HÍDRICO EM ESCALAS MENSAL, DECENDIAL E DIÁRIA

João Paulo da **Silva**¹; Luciana Alvim Santos **Romani**³; Eduardo Ballespi de
Castro **Vasconcellos**²; Fabio Ricardo **Marin**⁴.

Nº12618

RESUMO

Um dos fatores essenciais para se conseguir uma máxima produção agrícola é a disponibilidade hídrica no solo, e em razão da sua relevância, foi necessária a criação de ferramentas para realizar o seu monitoramento. Uma destas ferramentas é o balanço hídrico climatológico que consiste na contabilidade de água no solo em um dado período, que pode ser realizado em diversas escalas mediante a disponibilidade dos dados necessários, que variam em função da escala e do método utilizado para cálculo da evapotranspiração potencial. Este trabalho propõe o aperfeiçoamento de planilhas para cálculo do balanço hídrico a fim de proporcionar maior rapidez, exatidão e confiabilidade nos resultados. Todos os cálculos são feitos utilizando-se macros, sendo necessário informar apenas dados de temperatura, precipitação, latitude e período referentes ao local para onde o balanço hídrico será calculado. As ferramentas desenvolvidas foram desenvolvidas para ambiente Windows e Linux, visto que foram implementadas duas versões distintas, para utilização nas ferramentas Microsoft Excel e LibreOffice. Adicionalmente, as planilhas foram divididas em função da temperatura para cálculo da evapotranspiração, esta divisão permite que o cálculo seja feito utilizando a temperatura média e a temperatura efetiva, que é resultado de uma fórmula, onde a exatidão da determinação da temperatura para ambientes superúmidos e áridos é maior em relação à temperatura média.

1. Bolsista Embrapa: Graduação em Eng. Agrônoma, UFSCar, Araras-SP. ✉ (joaops@cnptia.embrapa.br).
2. Orientadora: Pesquisadora, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP ✉ (luciana@cnptia.embrapa.br).
3. Colaborador: Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP. ✉ (duvascon@yahoo.com).
4. Colaborador: Pesquisador, Embrapa Informática Agropecuária, Campinas-SP. ✉ (fabiomarin@cnptia.embrapa.br).



ABSTRACT

One of the key factors to achieve maximum agricultural production is the soil water availability, and because of its relevance, it was necessary to create tools for monitoring it. One of these tools is the climatic water balance which consists in the accounts is that soil water in a given period, which can be performed at various scales by the availability of necessary data, which vary depending on the scale and the method used to calculate the potential evapotranspiration . This paper proposes the development of spreadsheets to calculate the water balance in order to provide greater speed, accuracy and reliability in the calculation. Spreadsheets in all calculations are done using macros, it is necessary to enter only data on temperature, rainfall, latitude and time for the place where the water balance is calculated. The proposed system for water balance calculus can be executed in Windows and Linux environments, since they were implemented in two different versions, for use in Microsoft Excel and LibreOffice tools. Additionally, spreadsheets are divided according to temperature to calculate the evaporation. This division allows that calculation can be made using the average temperature and effective temperature, which is the result of a formula where the accuracy of determining the temperature in arid environments and super moist is higher than the average temperature.

INTRODUÇÃO

A produção agrícola mundial varia conforme as características climatológicas locais. As variações locais podem ser de temperatura, precipitação e/ou radiação solar. As principais variáveis usadas no estudo de culturas agrícolas são a temperatura e a precipitação que juntas podem ser utilizadas para o cálculo do balanço hídrico (PEREIRA, 2005). O balanço hídrico climatológico (BHC) foi desenvolvido por THORNTHWAITE e MATHER (1955) para determinar o regime hídrico de um local, sem necessidade de medidas diretas das condições do solo. O balanço hídrico consiste na contabilidade de todos os ganhos e perdas de água no solo em um dado período, a fim de se determinar a quantidade de água disponível para as plantas dentro do período previamente estipulado (PEREIRA, 2005). A disponibilidade de água no solo afeta processos biológicos e hidrológicos, como o aproveitamento de água por uma cultura, que pode afetar seriamente o resultado da produção agrícola. Este cálculo pode ser realizado manualmente assim como pela utilização de sistemas computacionais.



Tecnologias computacionais constituem atualmente uma poderosa ferramenta a serviço da pesquisa científica e no manejo agrícola, sendo utilizados nos mais variados âmbitos do conhecimento científico e tecnológico. Os sistemas computacionais viabilizam a realização de tarefas complexas em volumes de dados muito grandes que são difíceis de serem processados, analisados e visualizados manualmente, como exemplo, cita-se o uso de programas computacionais para gerenciar a substituição de máquinas agrícolas (ZANATTA; VARELLA, 2007), à administração financeira em uma cultura agrícola (DOMINGUES; MARTINS, 2011) e o uso de insumos na agricultura (CAVALCANTE et al., 2011).

Diante dos avanços tanto no hardware quanto no software, diversas áreas do conhecimento têm se beneficiado das tecnologias computacionais. Uma área na qual softwares são amplamente usados é a agrometeorologia, desde o monitoramento hídrico das culturas, até a elaboração de técnicas de acompanhamento de fenômenos naturais prejudiciais à prática agrícola e econômica de uma região (LIMEIRA et al., 2012).

O objetivo deste trabalho foi informatizar o processo de cálculo de balanço hídrico construindo um aplicativo em planilha que seja dinâmico e satisfaça as diferentes exigências de escala e tipo de balanço hídrico. Os resultados mostram que o sistema apresenta facilidade na sua utilização, visto que ao usuário basta apenas informar os dados coletados, pois todos os cálculos são feitos através dos macros.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no âmbito de um projeto de pesquisa que tem por objetivo o monitoramento agrometeorológico dos estados brasileiros. O aplicativo foi projetado para ser executado nas plataformas Windows e Linux e, para isso, foram desenvolvidas duas versões, utilizando as ferramentas Microsoft Excel e Libre Office.

Tanto a versão desenvolvida para Windows quanto aquela desenvolvida para Linux foi dividida em outras duas versões, que diferem uma da outra quanto ao tipo de entrada de dados de temperatura. Em uma versão, a temperatura a ser inserida corresponde apenas à temperatura média, ao passo que na versão seguinte os dados de temperatura devem ser os de temperatura máxima e mínima, para que seja calculada a temperatura efetiva. Segundo CAMARGO (1999), o emprego da



temperatura efetiva trouxe melhoras consideráveis na estimativa da ETP para climas áridos e superúmidos.

O desenvolvimento do aplicativo consistiu na elaboração de macros, que fazem o cálculo do balanço hídrico mediante o fornecimento de dados de temperatura, precipitação, latitude e CAD (capacidade de água disponível no solo). Para cada tipo de balanço hídrico há uma planilha específica em um total de nove planilhas, e diferentes escalas em que o mesmo foi desenvolvido. As planilhas representam o balanço hídrico mensal normal, balanço hídrico mensal sequencial, balanço hídrico mensal de cultivo, balanço hídrico decendial normal, balanço hídrico decendial sequencial, balanço hídrico decendial de cultivo, balanço hídrico diário normal, balanço hídrico diário sequencial e balanço hídrico diário de cultivo. Uma décima planilha faz referência aos dados que precisam ser armazenados ao longo do cálculo, como dados para plotagem de gráficos e fórmulas de fatores de cálculos, por isso esta planilha ficou oculta ao usuário.

A diferença entre os tipos de balanço hídrico está na escala utilizada, na iniciação do cálculo e na utilização do K_c . Para o balanço hídrico do tipo normal, por se tratar de um período cíclico de um ano, onde todos os valores de janeiro até dezembro devem aparecer, deve ser aplicada uma rotina de iniciação do cálculo do balanço hídrico, rotina esta que é aplicada em função das somas de $P-ETP$ (*Precipitação menos Evapotranspiração*). No balanço hídrico do tipo sequencial não cabe este cálculo de iniciação, porém para o seu desenvolvimento é necessário partir de um momento em que o armazenamento de água é pleno. O balanço hídrico de cultivo segue os moldes do balanço hídrico sequencial, porém este leva em conta o K_c para determinação da evapotranspiração da cultura (citar aquele livro da Angélica onde existem os diferentes K_c s de culturas).

No processo de cálculo do balanço hídrico, é necessária a determinação da evapotranspiração potencial, que foi feita pelo método de Thornthwaite (1948). Este método foi escolhido, pois de todos os outros pesquisados na literatura, foi o que apresentou a menor variedade de dados necessários. Outros métodos, tais como o de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1994), de Hargreaves-Samani (HARGREAVES, 1974) e de Linacre (LINACRE, 1977) por exemplo, necessitam de uma maior quantidade de dados para estimativa da evapotranspiração potencial que podem não estar

disponíveis na maior parte das estações meteorológicas espalhadas pelo Brasil, e caso estes métodos fossem utilizados, a aplicabilidade seria muito reduzida.

A estrutura das planilhas de balanço hídrico é semelhante. Consiste em listas de seleção de anos e meses iniciais e finais para se determinar o período de cálculo e três botões de ação, para inserir os dados após a escolha do período, realizar o cálculo de balanço hídrico após inserção de dados e para voltar ao menu de seleção do tipo de balanço hídrico (Figura 1 e Figura 2).

Período	
Inicial	2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015
Final	2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014

Menu	
Inserir	Calcular
Voltar	
<input checked="" type="radio"/> Média	
<input type="radio"/> Série contínua	

Figura 1. Menu - Seleção de período de cálculo e botões de ação da planilha para balanço hídrico normal.

Período	
Inicial	Janeiro Fevereiro Março Abril Maio Junho Julho Agosto 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015
Final	Junho Julho Agosto Setembro Outubro Novembro Dezembro 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015

Menu	
Inserir	Calcular
Voltar	

Figura 2. Menu - Seleção de período de cálculo e botões de ação da planilha para balanço hídrico sequencial e de cultivo.

Nos macros desenvolvidos nas planilhas, o cálculo do balanço hídrico foi dividido em fases, pois como o resultado é em formato de tabela, o valor a ser

calculado para uma coluna necessita que os valores de colunas anteriores já estejam determinados.

A primeira fase para o cálculo do balanço hídrico é a determinação do fotoperíodo, seguido pela determinação da evapotranspiração calculada pelo método de Thornthwaite (1948). A seguir, inicia-se de fato o cálculo do balanço hídrico de Thornthwaite e Mather (1955). Este cálculo foi dividido em fases, estas devendo ser realizadas na ordem. As determinações de valores se iniciam na coluna *P-ETP* (Precipitação menos Evapotranspiração potencial), seguida pelo cálculo simultâneo das colunas *Neg. Acum.* (Negativo Acumulado) e *ARM* (Armazenamento de água no solo), passando depois para a determinação das colunas *ALT* (Alteração no armazenamento), *ETR* (Evapotranspiração real), *DEF* (Deficiência hídrica) e *EXC* (Excedente hídrico) (Figura 3).

Cálculo da ETP (Thornthwaite – 1948)				Balanço Hídrico (Thornthwaite & Mather)								Fotoperíodo (N)			
Dias no mês	NDA	N (horas)	Índice de calor	ETP (mm)	ETP (mm)	P-ETP	Neg. Acum.	ARM (mm)	ALT (mm)	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	d	hn	N
31	1	13,26	10,95	125	125	112	0	100	0	125	0	112	-23,01	99,46	13,26
28	32	12,94	11,02	112	112	108	0	100	0	112	0	108	-17,52	97,02	12,94
31	60	12,43	10,68	113	113	27	0	100	0	113	0	27	-8,29	93,23	12,43
30	91	11,79	9,29	82	82	-34	-34	71	-29	77	5	0	4,02	88,44	11,79
31	121	11,21	7,91	62	62	-20	-54	58	-13	55	7	0	14,9	84,09	11,21
30	152	10,8	7,13	49	49	-13	-67	51	-7	43	6	0	22,04	80,98	10,8
31	182	10,73	7,07	50	50	-31	-98	38	-13	32	18	0	23,12	80,49	10,73
31	213	11,04	8,16	64	64	-40	-138	25	-13	37	27	0	17,91	82,81	11,04
30	244	11,6	9,1	78	78	-29	-167	19	-6	55	23	0	7,72	86,99	11,6
31	274	12,22	9,81	97	97	28	-76	47	28	97	0	0	-4,22	91,64	12,22
30	305	12,81	10,15	103	103	56	0	100	53	103	0	3	-15,36	96,1	12,81
31	335	13,21	10,55	117	117	87	0	100	0	117	0	87	-22,11	99,05	13,21

Figura 3. Tabela de balanço hídrico calculado.

O cálculo de balanço hídrico se finaliza após o cálculo das colunas. O último passo a ser seguido é a plotagem dos gráficos de análise. Quatro gráficos são construídos com os dados calculados, que mostram a deficiência hídrica x excedente hídrico no solo, capacidade de água disponível (CAD) x armazenamento real de água no solo, chuva x evapotranspiração real e potencial e o excedente hídrico x deficiência hídrica x retirada de água do solo x reposição por chuva.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aplicativo desenvolvido difere daquele desenvolvido anteriormente por Rolim et al. (1998) pois este é um método dinâmico, onde o usuário pode construir o balanço hídrico para qualquer localidade em que haja uma quantidade de dados suficiente para tal. A validação das planilhas implementadas foi feita por pesquisadores da Embrapa Informática Agropecuária e do IAC após explicação de funcionalidade e demonstração de utilização. As Figuras de 4 a 7, representam os gráficos resultados do cálculo do balanço hídrico mensal normal para o município de Leme-SP, para o ano de 2011.

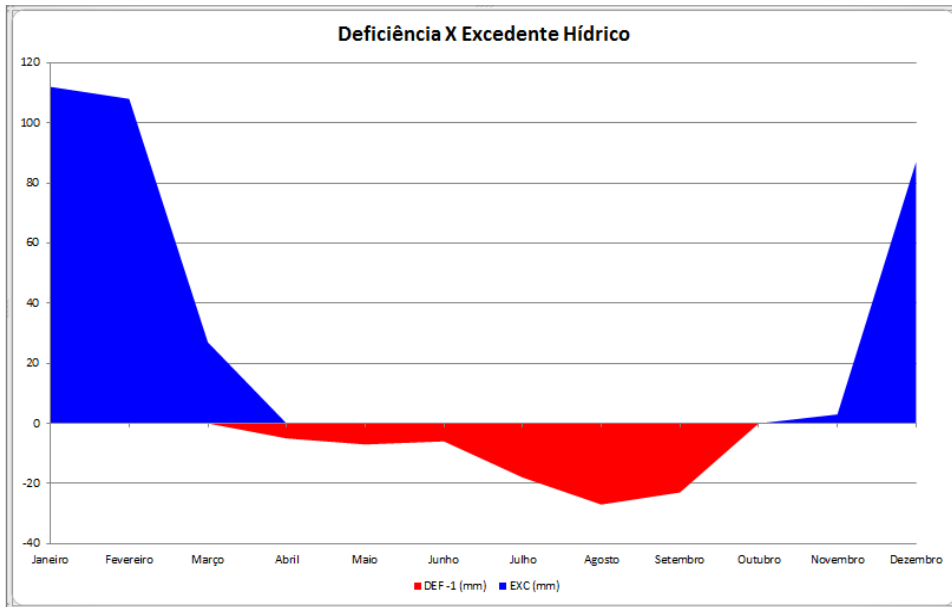


Figura 4. Gráfico de Deficiência hídrica x Excedente hídrico para balanço hídrico mensal normal.

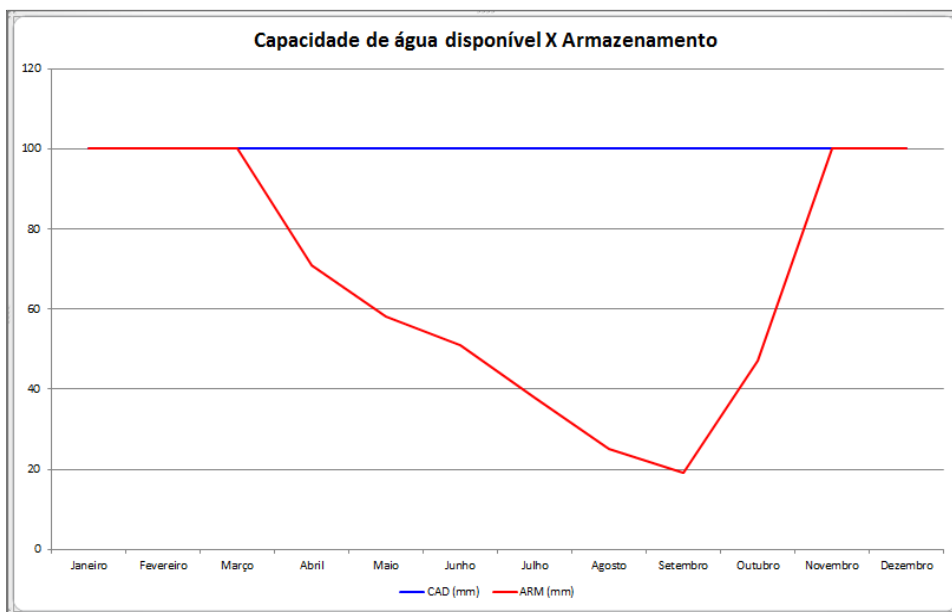


Figura 5. Gráfico de CAD (Capacidade de água disponível) x Excedente Hídrico para balanço hídrico mensal normal

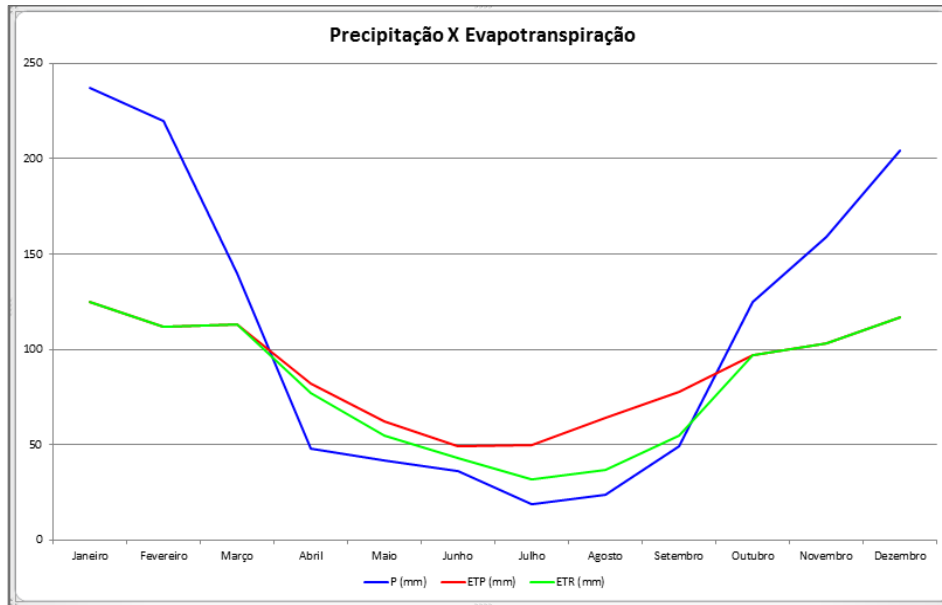


Figura 6. Gráfico de *P* (Precipitação) x *ETP* (Evapotranspiração potencial) x *ETR* (Evapotranspiração real) para balanço hídrico mensal normal.

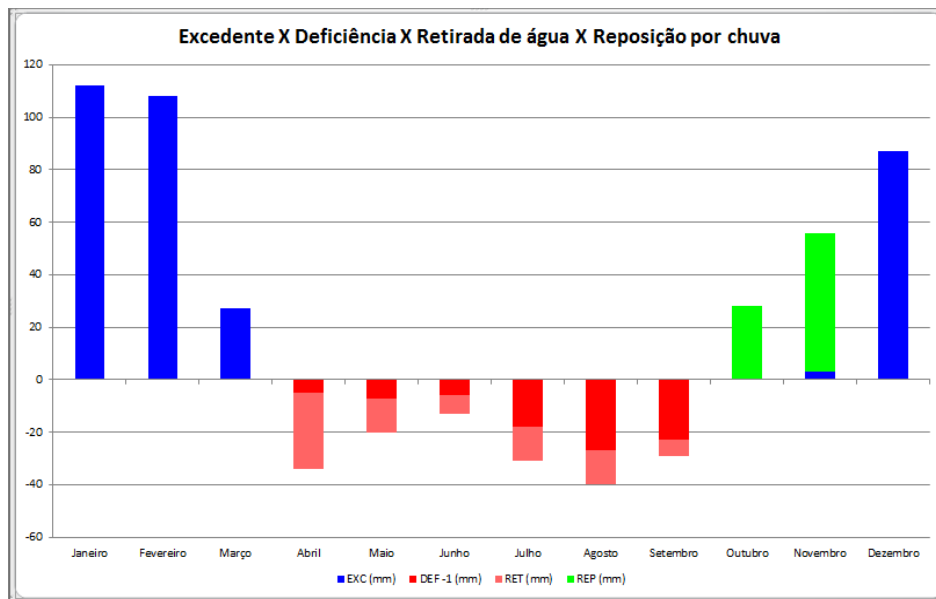


Figura 7. Gráfico de *EXC* (Excedente hídrico) x *DEF* (Deficiência hídrica) x *RET* (Retirada de água) x *REP* (Reposição por chuva) para balanço hídrico mensal normal.



CONCLUSÃO

A proposta do trabalho foi desenvolver uma aplicação capaz de realizar o cálculo do balanço hídrico climatológico de Thornthwaite & Mather, 1955 e para tal foram implementados macros em planilha eletrônica que o fizessem de maneira rápida e simples para o usuário. Baseado nisso, foi desenvolvida uma aplicação onde não é necessário que o usuário conheça as regras e fórmulas de cálculo de balanço hídrico, bastando que este tenha em mãos dados coletados de estações meteorológicas para a escala desejada. A validação das planilhas implementadas foi feita por pesquisadores e, segundo avaliação dos usuários, o aplicativo foi considerado de fácil e rápida utilização, e também foram notadas correções de cálculo em relação a aplicativos de cálculo de balanço hídrico anteriormente desenvolvidos.

AGRADECIMENTOS

A Embrapa Informática Agropecuária, pela oportunidade de estágio; A Embrapa Café; Ao IAC; A Fundação ProCafé.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; SMITH, M.; PEREIRA, L.S.; PERRIER, A. An update for the calculation of reference evapotranspiration. **ICID Bulletin**, New Delhi, v.43, n.2, p.35-90, 1994
- CAMARGO, A.P.; MARIN, F.R.; SENTELHAS, P.C.; PICINI, A.G. Ajuste da equação de Thornthwaite para estimar a evapotranspiração potencial em climas áridos e superúmidos, com base na amplitude térmica diária. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.251-257, 1999.
- CAVALCANTE, Jose Airton Chaves et al. Usos de recursos na dose certa: uma ferramenta computacional para otimização agrícola. **Rev. Sistemas & Gestão**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 6, p.398-413, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.uff.br/sg/index.php/sg/article/view/V6N4A1/V6N4A1>>. Acesso em: 10 jun. 2012.
- DOMINGUES, Aline De Carla; MARTINS, Edson Aparecido. DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (TI) APLICADA À ADMINISTRAÇÃO FINANCEIRA EM UMA CULTURA AGRÍCOLA: UM ESTUDO DE CASO. **Tékhnē e Lógos: Revista de Tecnologia da Fatec de Botucatu**, Botucatu, v. 2, n. 2, p.15-28, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/viewFile/108/67>>. Acesso em: 08 jun. 2012.
- HARGREAVES, G.H. Estimation of potential and crop evapotranspiration. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.17, n.1, p.701-704, 1974.
- LIMEIRA, Rodrigo Cezár. Software para cálculo do balanço hídrico de Palmer. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-6056fa681c07af78a23d33e27fcd25a0.pdf>>. Acesso em 20/06/2012.



LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evapotranspiration rates in various climates, using temperature data alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.18, n.1, p.409-424, 1977.

PEREIRA, Antonio Roberto. Simplificado o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 2, 2005. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000687052005000200019&lng=en&nrm=iso>. access on 20 June 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052005000200019>.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p.133-137, 1998.

THORNTHWAITE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. **Geogr. Rev**, v.38, p.55-94, 1948.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.

ZANATTA, Evandro; VARELLA, Carlos Alberto Alves. PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA GERENCIAR A SUBSTITUIÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 35., 2007, Bonito. **Anais...** . Bonito: Associação Brasileira de Editores, 2007. p. 4 - 8. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/labmen/pesquisa_arquivos/PROGRAMA%20COMPUTACIONAL%20PARA%20GERENCIAR%20A%20SUBSTITUICAO%20DE%20MAQUINAS%20AGRICOLAS.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2011.